

Perancangan Desain Ergonomi Ruang Proses Produksi Untuk Memperoleh Kenyamanan Termal Alami

Teguh Prasetyo

Program Studi Teknik Industri, Fakultas Teknik, Universitas Trunojoyo Madura

Jl. Raya Telang Po Box 2 Kamal, Bangkalan

Email : tyo_teguhprasetyo@yahoo.com

Abstrak

Kenyamanan termal dalam ruang proses produksi akan meningkatkan produktivitas tenaga kerja. Kenyamanan termal dipengaruhi oleh suhu bola kering, kelembaban relatif dan sistem ventilasi. Pada penelitian ini ruang dari proses produksi dirancang memiliki luas 1500 m² dan memiliki 6 menara pendingin. Dari hasil penelitian ruang proses produksi diperoleh sirkulasi yang terjadi 26,5/jam, kecepatan aliran udara ke dalam sistem 0,9648 m/s dengan faktor koreksi 0,4, memiliki daya evaporatif pendinginan cooling tower sebesar 5472 Watt dan memiliki beban pendinginan 18.173,3 kW. Kondisi ini mampu memenuhi kebutuhan kenyamanan termal untuk produksi ruang yang digunakan sebagai dapur dan dengan jumlah karyawan sekitar 100 orang. Desain menara pendingin mampu memenuhi kebutuhan beban pendinginan sebesar 4%.

Kata kunci: *Desain ruang proses produksi, Beban pendinginan, Kenyamanan termal alami.*

Abstract

Thermal comfort in a production process will increase the productivity of labor. Thermal comfort is affected by the dry bulb temperature, relative humidity and ventilation systems. The design space of the production process is designed to have area 1500 m² and has six cooling towers. From the research results obtained the production process of circulation space which occurred 26.5 / h, air flow rate into the system is 0.9648 m / s with a correction factor of 0.4, has a power ventilation evaporative cooling tower total of 5472 Watts and has a cooling load 18 173, 3 kW. This condition is able to meet the thermal comfort requirements for the production of space used as a kitchen and a number of employees about 100 people. The design of cooling towers to meet the needs of the cooling load around 4%.

Keywords : *The production process design space, Cooling load , Pasif thermal comfort.*

PENDAHULUAN

Dalam ruang proses produksi sangat dibutuhkan kenyamanan termal sebab ruang yang tidak nyaman akan menurunkan produktivitas kerja. Menurut Grandjen (1996) kondisi panas sekeliling akan berakibat banyaknya keringat, timbulnya rasa letih dan kantuk, serta mengurangi kestabilan dan meningkatkan jumlah angka kesalahan kerja [1].

Salah satu alternatif cara menciptakan kenyamanan termal pasif yaitu dengan cara mendesain ruang dan sistim ventilasi agar diperoleh kenyamanan termal alami. Keberadaan ventilasi alami bukan saja akan diperoleh kenyamanan termal, melainkan juga merupakan alternatif baik untuk menghemat energi dan juga menghemat biaya. Ide utama dari kajian ini adalah bagaimana mendapatkan desain ergonomi ruang proses produksi guna mendapatkan kenyamanan termal alami bagi karyawan yang bekerja didalam ruang proses produksi.

Penelitian ini bertujuan membuat model rancangan desain ergonomi ruang proses produksi untuk mendapatkan kenyamanan termal alami serta menghitung desain rancangan dan membandingkannya dengan standar kenyamanan yang ada.

BAHAN DAN METODE PENELITIAN

Desain obyek adalah ruang proses produksi dengan ukuran bangunan 30m x 50m.

Langkah-langkah Penelitian

1. Menentukan luas gedung obyek.
2. Mengumpulkan data kecepatan dan arah angin dari BMG.
3. Menghitung kebutuhan ventilasi dan pengkondisian udara.
4. Menganalisa dan membahas.
5. Membuat desain rancangan ergonomi dengan menggunakan *software* Autocad.
6. Mewujudkan model rancangan dalam bentuk permodelan dengan skala 1 : 100.

PERHITUNGAN DAN PEMBAHASAN

Desain Ruangan

Desain Ruang Proses Produksi

1. Luas bangunan 30 m x 50 m = 1500 m²
2. Tinggi ruangan dari lantai sampai langit-langit = 14 m
3. Tinggi total gedung = 20 m
4. Luas ventilasi

Tabel 1. Luas Ventilasi pada Bangunan

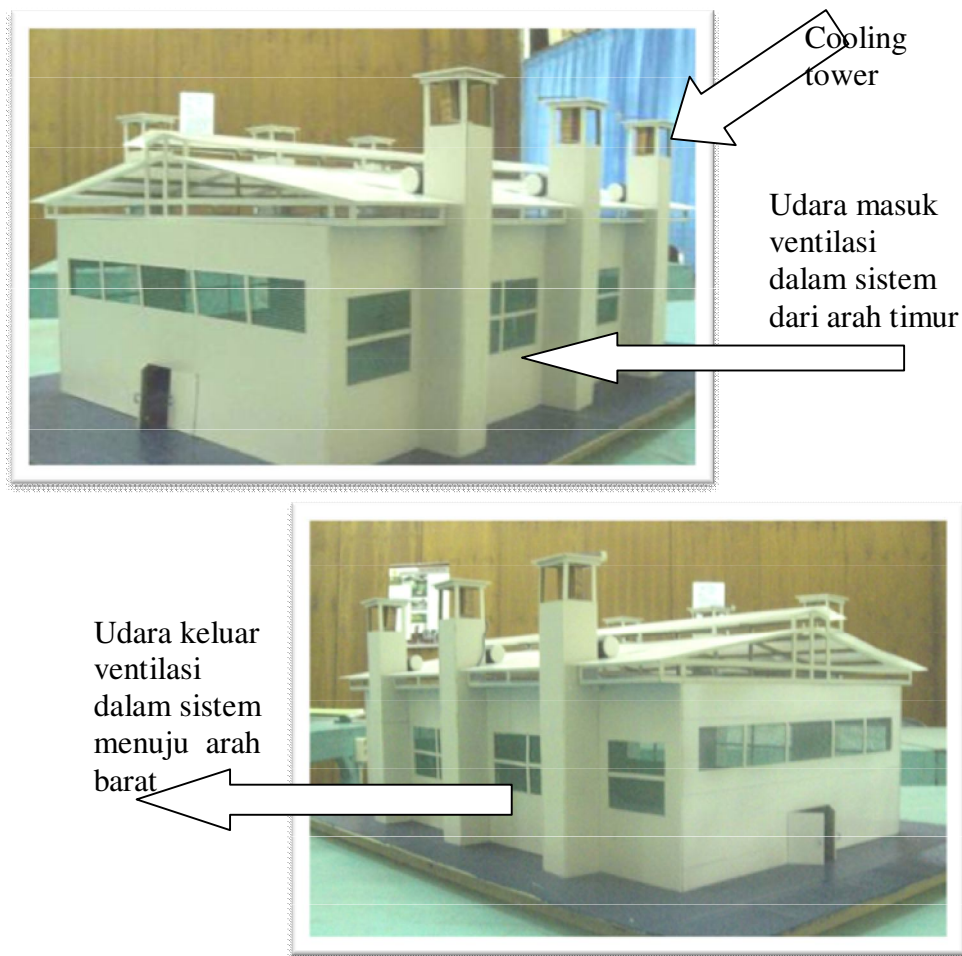
Luas ventilasi dinding

Arah dinding menghadap	Luas (m ²)
Utara	99
Timur	160
Selatan	99
Barat	160
Total	518

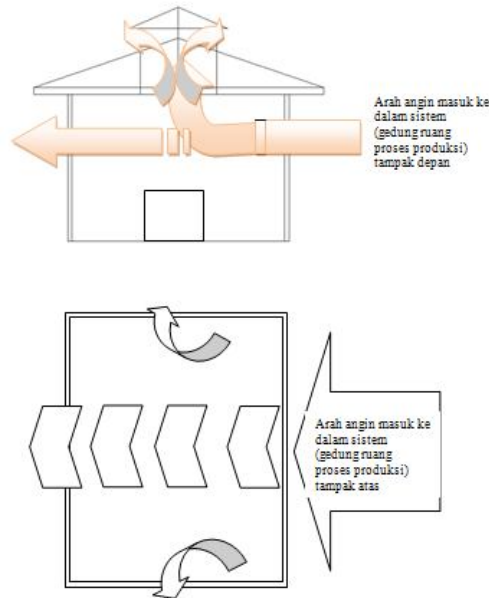
Luas Ventilasi Atap

Arah Atap menghadap	Luas (m ²)
Utara	48
Timur	100
Selatan	48
Barat	100
Total	296

- Desain atap yang digunakan mampu menghilangkan pengaruh dari sinar matahari karena pada atap terdapat ventilasi atap yang mampu menghilangkan pengaruh sinar matahari.
- Jumlah cooling tower = 6 buah
- Desain cooling tower, luas cerobong 3m x3m = 9 m² dengan tinggi total 23 m
- Cooling tower mempunyai penangkap udara dengan luas tangkapan 9 m², mampu menangkap udara dalam segala arah.
- Berdasarkan data arah dan kecepatan angin dari BMG Surabaya pada bulan Januari 2011 – Mei 2011 [3], bahwa kecepatan angin rata-rata adalah 4,82353 knot = 8,682353 km/jam = 2,412 m/s. Arah angin hanya dari timur ke barat dan dari barat ke timur.



Gambar 1. Desain Prototipe Ruang Proses Produksi



Gambar 2. Aliran Angin yang Masuk Dalam Sistem Ruang Produksi

Perhitungan Laju Aliran Massa Udara

Rumusan untuk memindahkan massa udara dalam ruang adalah :

Masa udara dalam ruangan dibagi dengan laju aliran masa udara masuk dalam system seperti berikut.

$$2655,66 \text{ kg} : 19,52 \text{ kg/s} = 136,04 \text{ detik.}$$

Sehingga dalam 1 jam sirkulasi udara yang terjadi adalah 26,5 sirkulasi/jam. Kondisi ini adalah kondisi maksimal sirkulasi dan dikurangi dengan mengatur bukaan tutup jendela.

Dengan perhitungan sama menggunakan faktor koreksi yang berbeda maka diperoleh :

Tabel 2. Pengaruh faktor koreksi terhadap sirkulasi udara

Faktor Koreksi	Laju aliran udara (m ³ /s)	Sirkulasi/jam
0,4	154,4	26,5
0,5	193	33,1
0,6	231,5	39,7

Perhitungan Cooling Tower

$$\text{Evaporation load} = \text{termal load} + \text{cooling load} = 8,95944 + 13,2 = 22,16 \text{ kW}$$

$$\text{Evaporation (kg/s)} = \text{Evaporation load} : 2430 \text{ kJ/kg} = 22,16 : 2430 = 0,00912 \text{ kg/s} =$$

912Watt. Dimana 2430 kJ/kg adalah panas laten evaporasi air pada temperatur 30 °C

Mengingat jumlah cooling tower yang ada dalam desain sejumlah 6 buah, maka :

$$\text{total evaporatif yang di hasilkan} = 6 \times 912 \text{ W} = 5472 \text{ W} = 0,05472 \text{ kg/s.}$$

Perhitungan Beban Pendinginan Ruangan [5]

Asumsi :

1. Besar beban latent pada peralatan adalah 2 kW yaitu sama dengan 10 kali panas penggunaan peralatan computer.
2. Jumlah orang yang beraktivitas tinggi dalam gedung adalah sejumlah 20 orang.

Total beban pendinginan ruangan = total beban latent + total beban sensible

$$= 15060,9 \text{ kW} + 3112,4 \text{ kW}$$

$$= 18173,3 \text{ kW}$$

PEMBAHASAN

Untuk menciptakan kenyamanan termal diperlukan kelembapan udara relatif yaitu sekitar 40% - 60% [4]. Semakin tinggi temperatur udara kering, maka kelembapan relatif akan semakin meningkat. Agar diperoleh tingkat kenyamanan termal, temperatur udara kering harus seimbang dengan kecepatan udara yang mengalir dalam sistem.

. Berdasarkan data arah dan kecepatan angin dari BMG Surabaya pada bulan Januari 2011 – Mei 2011, bahwa kecepatan angin rata-rata adalah 4,82353 knot = 8,682353 km/jam = 2,412 m/s. Adanya faktor koreksi arah angin yang masuk ke dalam gedung melalui ventilasi, maka nilai variasi kecepatan adalah :

Tabel 5. Faktor koreksi terhadap kecepatan angin

Faktor koreksi	0,4	0,5	0,6
Kecepatan angin, m/s	0,9648	1,206	1,4472

Berdasarkan tabel faktor koreksi dan kecepatan angin yang diperoleh maka pada faktor koreksi 0,4 pun yaitu arah angin yang membentuk sudut diagonal 45 derajat diperoleh kecepatan angin 0,9648 m/s. Pada kondisi ini mampu menciptakan kenyamanan termal pada temperatur udara kering 33 – 34 °C.

Angin digunakan untuk memasukkan udara bersih dan mengeluarkan udara kotor dalam ruangan. Jika digedung proses produksi peralatannya menghasilkan temperatur yang tinggi dalam hal ini pendekatan ekstrimnya diasumsikan untuk digunakan sebagai dapur dimana peralatan dapur menghasilkan panas yang cukup tinggi juga. Maka tingkat kebutuhan akan sirkulasi udara dalam ruangan dapur adalah sebesar 20 sirkulasi/jam. Berdasarkan perhitungan pada faktor koreksi 0,4 saja mampu mensirkulasikan 32,91 sirkulasi/jam, sehingga sistem ventilasi pada rancangan ini mampu menciptakan kenyamanan termal bagi karyawan yang bekerja di ruangan tersebut.

Berdasarkan perhitungan cooling tower, besar laju aliran massa pendinginannya adalah 0,05472 kg/s dan temperatur evaporative cooling tower 24 C. Sehingga laju perpindahan panas (Q) yang terjadi adalah

$$Q = \text{laju perpindahan massa} \times \text{entalpi pada temperatur } 24 \text{ C.}$$

$$= 0,05472 \text{ kg/s} \times 90,6 \text{ kJ/kg} = 4,9576 \text{ kJ/s} = 4,9576 \text{ kW}$$

Beban pendinginan yang terbesar adalah karena adanya faktor ventilasi yang dianggap sebagai kebocoran yang menambah beban pendinginan. Jika ventilasi ditutup maka total beban pendinginan adalah $18173,3 \text{ kW} - 18051,28 \text{ kW} = 122,02 \text{ kW}$.

Sehingga cooling tower yang didirikan hanya mampu memenuhi kebutuhan akan beban pendinginan sebesar :

$$\% \text{ beban pendinginan} = \frac{4,9576 \text{ kW}}{122,02 \text{ kW}} = 4,06\%$$

KESIMPULAN DAN SARAN

Kesimpulan

1. Agar posisi ruang proses produksi diperoleh kenyamanan termal yang baik sebaiknya bentuk pada sisi memanjang gedung mengarah ke timur/barat, sedang sisi melebar menghadap arah utara/selatan. Pada sisi memanjang menghadap ke arah timur/barat dikarenakan arah mata angin hanya berasal dari timur dan barat
2. Kebutuhan ruang proses produksi akan sirkulasi udara telah mencukupi dari nilai standar kenyamanan yang ada yaitu 32,91 sirkulasi/jam, pada asumsi penggunaan ruang proses produksi sebagai dapur yang hanya memiliki tingkat kenyamanan 20 sirkulasi/jam.
3. Ruang proses produksi disain memiliki tingkat kesejukan yang baik, dimana pada temperatur maksimal 33,5 derajat celcius mampu memenuhi tingkat kebutuhan akan kecepatan udara sejuk yaitu sebesar 0,9648 m/s
4. Diketahui bahwa ruang proses produksi disain memiliki beban pendinginan total 18173,3 kW dan cooling tower total memiliki daya evaporative sebesar 4,9576 kW. Sehingga beban pendinginan yang mampu dipenuhi oleh cooling tower hanyalah sebesar 4%.

DAFTAR PUSTAKA

1. Nurmianto E.[1996], Ergonomi, Konsep Dasar dan Aplikasinya, Penerbit Guna Widya, Jakarta
2. Reardon C, Clarke D. [2005], Technical Manual Design for Lifestyle and The Future, Commonwealth of Australia, www.yourhometechnicalmanual-1_5passivecooling.htm
3. BMG, [2011], Data arah dan kecepatan angin, Surabaya.
4. Stoecker, Wilbert F, Jones, Jerold W, Hara, Supratman. [1987], Refrigerasi dan Pengkondisian Udara, alih bahasa Supratman Hara, Edisi Kedua, Penerbit Erlangga, Jakarta
5. Kreider, Jan F, Rabi, Ari.[1994], Heating and Cooling of Building Design for Efficiency, McGraw-Hill, Inc, Singapore.